

Analisis Kualitas Air dan *Removal Efficiency* Wastewater Treatment Plant (WWTP) di PT. Indonesia Power UPJP Priok Jakarta

(*Water Quality and Removal Efficiency Analysis of Wastewater Treatment Plant (WWTP) in PT. Indonesia Power UPJP Priok*)

Siti Romadhonah^{1*} dan Chusnul Arif¹

¹ Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
 Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga, PO BOX 220, Bogor, Jawa Barat Indonesia

*Penulis Korespondensi: sitiromadhonah98@gmail.com

Diterima: 30 September 2019

Disetujui: 31 Desember 2019

ABSTRACT

PT. Indonesia Power UPJP Priok is a power generation industry that manages wastewater by a wastewater treatment plant (WWTP). Analysis of wastewater quality and removal efficiency (RE) needs to be conducted to fulfill the quality standards. This study aimed to analyze water quality and removal efficiency of WWTP. The materials used in the study was wastewater laboratory test results for 5 years. The results showed that the pH, TSS, oil and fat contents, Cl₂, Cr, Cu, Fe, Zn, and phosphate in the inlet decreased after the processing at WWTP. The waste output at WWTP had fulfilled the quality standard. The highest RE unit value of WWTP for TSS, oil and fat, Cl₂, Cr, Cu, Fe, Zn, and phosphate were 21.3%, 2.4%, 12.5 %, 15.6%, 7.8%, 25.7%, 5.7%, and 46.2%. WWTP RE values between years do not differ significantly. However, RE values in several years showed that WWTP units were less efficient which were showed by low RE values. WWTP units should be maintained every two years.

Keywords: removal efficiency, wastewater quality, WWTP

PENDAHULUAN

Peningkatan populasi di Indonesia diiringi dengan peningkatan energi primer untuk keberlangsungan hidup manusia. Salah satu kebutuhan energi primer yang meningkat yaitu kebutuhan listrik baik untuk rumah tangga, sosial, industri, bisnis dan publik. Kenaikan kebutuhan listrik yang terjadi dari tahun 2015 sampai dengan 2017 sebesar 0.85%. Menurut data Badan Pusat Statistik (2017), distribusi listrik kepada pelanggan untuk rumah tangga sebesar 93733.71 GWh, sosial sebesar 7055.32 GWh, bisnis sebesar 41625.37 GWh, industri sebesar 75970.15 GWh, dan publik sebesar 7629.51 GWh. Total distribusi listrik kepada pelanggan pada tahun 2017 mencapai 226014.06 GWh. Seiring dengan peningkatan distribusi listrik, produksi listrik juga semakin meningkat dan produk samping berupa

limbah juga meningkat. Salah satu limbah yang dihasilkan yaitu air limbah hasil produksi.

Pembuangan air limbah yang tidak diolah dapat membahayakan organisme yang hidup di perairan maupun dapat membahayakan masyarakat yang bergantung pada perairan tersebut (Agyemang *et al.* 2013). Berdasarkan UU RI No. 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, setiap industri maupun instansi atau badan usaha harus bertanggung jawab terhadap pengelolaan limbah yang dihasilkan. Salah satu pengelolaan yang efektif yaitu membangun *wastewater treatment plant* (WWTP) yang sesuai dengan beban pencemar dan karakteristik air limbah (Sari dan Yuniarto 2016). WWTP merupakan infrastruktur pengolahan air limbah yang bertujuan untuk mengurangi kandungan bahan pencemar

yang terkandung dalam air limbah. Kandungan pencemar yang dapat dikurangi meliputi senyawa organik, padatan tersuspensi, mikroba patogen, dan senyawa organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme yang terdapat di alam (Wulandari 2014).

PT. Indonesia Power UPJP Priok merupakan salah satu industri pembangkit listrik yang mengelola limbah sesuai dengan UU RI Nomor 32 Tahun 2009 (PRI 2009). PT. Indonesia Power UPJP Priok melakukan pengelolaan air limbah hasil dari proses produksi dengan menggunakan WWTP. Analisis terhadap kualitas air limbah hasil produksi yang masuk ke WWTP dan hasil dari pengolahan WWTP di PT. Indonesia Power UPJP Priok harus dilakukan mengingat baku mutu air limbah yang nantinya akan dibuang ke laut harus memenuhi baku mutu air limbah yang terdapat pada PerMen LH Nomor 08 Tahun 2009 (KemenLH 2009). Selain itu mengingat WWTP PT. Indonesia Power UPJP Priok dibangun pada tahun 1994 maka perlu dilakukannya analisis terhadap *removal efficiency* WWTP untuk mengetahui

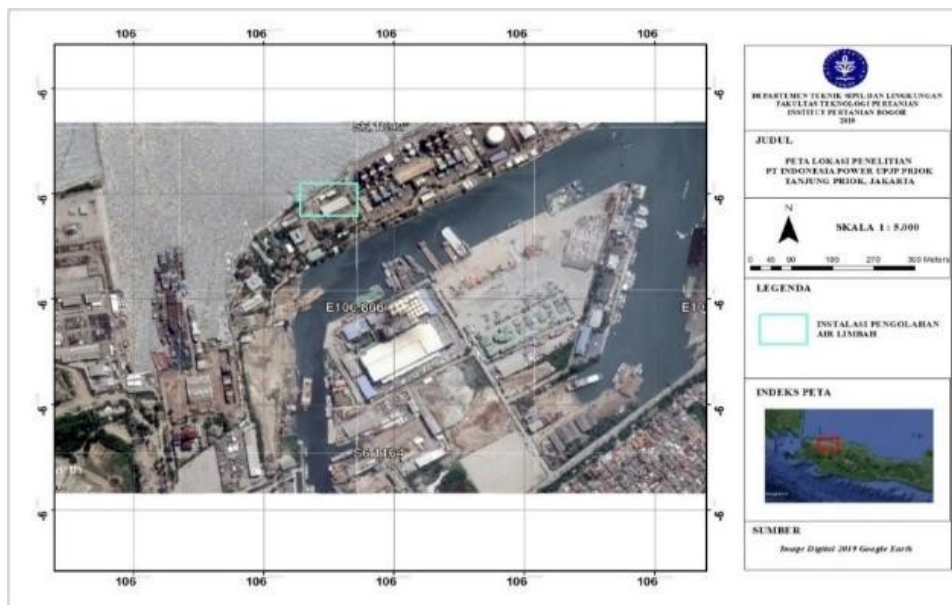
kemampuan WWTP dalam pengolahan air limbah serta untuk mendukung adanya perancangan ulang WWTP di tahun 2020.

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk: (1) Menganalisis kualitas air limbah di inlet dan outlet WWTP PT. Indonesia Power UPJP Priok berdasarkan PerMen LH Nomor 8 Tahun 2009 dan (2) Menganalisis *removal efficiency* WWTP selama 5 tahun terakhir.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dari bulan April 2019 hingga Agustus 2019. Penelitian ini di *wastewater treatment plant* PT. Indonesia Power UPJP Priok. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi laptop yang dilengkapi dengan aplikasi *Microsoft Office*. Penelitian ini memerlukan bahan berupa data kualitas air limbah dari *inlet* dan *outlet* WWTP selama 5 tahun terakhir.



Gambar 1 Lokasi Penelitian

Tahapan penelitian meliputi studi literatur, pengambilan data sekunder yang berupa data kualitas air limbah pada *inlet* dan *outlet* WWTP di PT. Indonesia Power oleh Petrolab, melakukan analisis air limbah pada *inlet* WWTP berdasarkan PerMen LH Nomor 8 Tahun 2009 (KemenLH 2009) meliputi pH, *total suspended solid* (TSS), minyak dan lemak, klorin bebas (Cl₂), kromium total (Cr), tembaga (Cu), besi (Fe), seng (Zn), dan fosfat (PO₄⁻). Kemudian dilakukan analisis air limbah pada *outlet* WWTP berdasarkan PerMen LH Nomor 8 Tahun 2009 (KemenLH 2009) yang meliputi pH, TSS, minyak dan lemak, Cl₂, Cr, Cu, Fe, Zn, dan PO₄⁻. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap *removal efficiency* WWTP.

Perhitungan *removal efficiency* dilakukan untuk mengetahui besarnya polutan yang terkandung dalam air limbah berkurang. *Removal efficiency* dapat dihitung dengan menggunakan rumus (1).

$$\text{Removal efficiency (\%)} = \frac{(A-B)}{A} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

A = Konsentrasi Awal (mg/ℓ)
B = Konsentrasi Akhir (mg/ℓ)

Setelah didapatkan nilai dari *removal efficiency*, dilakukan analisis *removal efficiency* tiap parameter selama 5 tahun terakhir. Analisis data *removal efficiency* menggunakan metode Anova *Single factor* dengan tingkat kepercayaan yang digunakan yaitu 95% atau nilai $\alpha = 0.05$ untuk menentukan *removal efficiency* pada setiap tahunnya berbeda secara signifikan ($p < 0.05$) atau tidak signifikan ($p > 0.05$). Apabila hasil dari analisis anova *single factor* menunjukkan hasil yang signifikan, maka dilanjutkan dengan uji *Least Significant Different* (LSD). Uji LSD

dilakukan dengan menggunakan Persamaan (2).

$$\text{LSD} = t_{\alpha, dfe} \sqrt{MS_{s(A)} \frac{2}{s}} \quad (2)$$

Keterangan:

MSS(A) = Kuadrat kesalahan rata-rata
S = Jumlah varian
dfe = Derajat kebebasan
 α = Tingkat kepercayaan

Hasil dari perhitungan LSD kemudian dibandingkan dengan nilai absolut dari perbedaan antar rata-rata varian. Perbandingan dinyatakan signifikan apabila nilai absolut dari perbedaan antar rata-rata lebih dari sama dengan nilai hitung LSD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Air Limbah

Pengukuran kandungan parameter pencemar air limbah di *wastewater treatment plant* (WWTP) di PT. Indonesia Power UPJP Priok dilakukan setiap sebulan sekali oleh pihak kedua yaitu PT. Petrolab. Pengukuran dilakukan sebelum pengolahan di WWTP dan setelah dari WWTP yaitu *inlet* dan *outlet* WWTP. Parameter kualitas air limbah yang diukur meliputi pH, TSS, minyak dan lemak, Cl₂, Cr, Cu, Fe, Zn, dan fosfat. Hasil pengukuran yang telah didapatkan dianalisis terhadap baku mutu yang telah ditetapkan oleh PerMen LH Nomor 08 Tahun 2009 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pembangkit Listrik tenaga Termal.

Tabel 1 Baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pembangkit listrik tenaga termal

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1	pH	-	6 - 9
2	TSS	mg/l	100
3	Minyak dan Lemak	mg/l	10
4	Klorin Bebas (Cl ₂)	mg/l	0.5
5	Kromium Total (Cr)	mg/l	0.5
6	Tembaga (Cu)	mg/l	1
7	Besi (Fe)	mg/l	3
8	Seng (Zn)	mg/l	1
9	Fosfat (PO ₄)	mg/l	10

Sumber : KemenLH 2009

Air limbah hasil produksi dari PT. Indonesia Power UPJP Priok bersumber dari limbah proses utama. Limbah proses utama yang dihasilkan meliputi air limbah *ground floor* PLTGU (blok I dan II, dan blok III), Air limbah *blowdown Heat Recovery Steam Generator* (HRSG) (blok I dan II, blok III, dan blok IV), Air limbah proses *demin plant* PLTGU (blok I dan II, blok III, dan blok IV), serta air limbah dari laboratorium, *oil separator*, dan gudang kimia. Limbah utama hasil produksi dialirkan menuju *wastewater treatment plant* (WWTP) untuk dilakukan pengolahan. Hal ini berfungsi untuk menurunkan kandungan bahan pencemar yang dalam air limbah.

Besarnya nilai pH dalam air digunakan untuk menggambarkan kondisi air limbah dalam keadaan asam <7, basa >7, maupun netral yang ditunjukkan dengan angka 7 (Widayatno dan Sriyani 2008). Hasil pengukuran pH yang dianalisis meliputi data dari tahun 2014 sampai dengan 2019. Pengukuran pH pada tahun 2014 sampai dengan tahun 2019 di *inlet* WWTP menunjukkan bahwa pH dari air limbah yang masuk ke WWTP memiliki rata-rata pH melebihi baku mutu yang ditetapkan. Nilai pH tertinggi pada *inlet* WWTP di tahun 2014

terjadi pada bulan Maret, tahun 2015 pada bulan Desember, tahun 2016 pada bulan November, tahun 2017 pada bulan Maret, tahun 2018 pada bulan Februari, dan tahun 2019 terjadi pada bulan Januari, dengan nilai 9.84, 11.27, 12.42, 11.65, 12.8, dan 12. Sedangkan, pada *outlet* WWTP nilai pH sudah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Hal ini menunjukkan bahwa WWTP sudah mampu menstabilkan nilai pH. Nilai pH tertinggi maupun terendah yang masuk kedalam WWTP disebabkan karena adanya *backwash* yang berasal dari air limbah *demin plant* dimana bahan yang digunakan untuk *backwash* yaitu HCL dan NaOH. Selain itu, kerusakan pompa otomatis untuk HCL ke *neutralizer tank* juga mempengaruhi tingginya nilai pH.

Pengukuran selanjutnya yaitu *Total suspended solid* (TSS). TSS menyebabkan kekeruhan dan mengurangi cahaya yang masuk kedalam air. Oleh karena itu, air dapat berkurang dan organisme yang butuh cahaya akan mati (Soemirat 2004). Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa nilai TSS pada *inlet* WWTP pada tahun 2014 sampai dengan 2019 memenuhi baku mutu yaitu dibawah 100 mg/l. Kandungan TSS tertinggi pada *inlet* WWTP terjadi pada tahun 2014 sebesar 44 mg/l. Sedangkan, pada *outlet* WWTP nilai TSS sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan yaitu dibawah 100 mg/l dengan kandungan tertinggi terjadi pada bulan November 2014 sebesar 48 mg/l.

Air limbah yang berminyak mengandung zat beracun seperti fenol, hidrokarbon minyak bumi, dan *hydrocarbon polyaromatic* yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman dan hewan, serta mutagenik dan karsinogenik bagi manusia. Selain itu, air limbah yang berminyak, mengandung kadar *chemical oxygen demand* (COD) yang tinggi, dan warna (Alade et al. 2011). Berdasarkan PerMen LH Nomor

08 Tahun 2009 baku mutu minyak dan lemak yang dapat dibuang dalam badan air yaitu sebesar 10 mg/l. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai minyak dan lemak pada *inlet* WWTP pada tahun 2014 sampai dengan 2019 telah memenuhi baku mutu yaitu dengan nilai dibawah 10 mg/l. Kandungan minyak dan lemak tertinggi pada *inlet* WWTP rata-rata terjadi pada tahun 2015 sebesar 5 mg/l. Nilai minyak dan lemak pada *outlet* sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan yaitu dibawah 100 mg/l dengan nilai tertinggi terjadi pada tahun 2015 sebesar 5 mg/l. Hasil dari *inlet* dan *outlet* WWTP umumnya tidak mengalami penurunan kadar minyak dan lemak. Tidak adanya penurunan kadar minyak dan lemak disebabkan karena pada proses pengolahan, tidak ada unit yang berfungsi sebagai pereduksi minyak dan lemak, dan untuk unit pereduksi minyak dan lemak atau oil separator tidak masuk kedalam rangkaian WWTP.

Pengukuran selanjutnya yaitu kadar klorin (Cl_2). Klorin bebas (Cl_2) dalam jumlah banyak dapat menimbulkan rasa asin, dan korosi pada pipa, serta bersifat karsinogenik jika berikatan dengan senyawa organik. Klorin dalam konsentrasi yang layak tidak berbahaya bagi manusia. Menurut US Publik Health Service, klorida harus dibatasi sampai 250 mg/l dalam air yang akan digunakan untuk umum (Sutrisno 1991). Berdasarkan PerMen LH Nomor 08 Tahun 2009 baku mutu Cl_2 yang dapat dibuang dalam badan air yaitu sebesar 0.5 mg/l. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai Cl_2 pada *inlet* WWTP pada tahun 2014 sampai dengan 2019 telah memenuhi baku mutu yaitu dibawah 0.5 mg/l. Kandungan Cl_2 tertinggi pada *inlet* WWTP terjadi pada tahun 2018 sebesar 0.37 mg/l. Hal ini juga sama dengan *outlet* WWTP nilai Cl_2 sudah memenuhi baku mutu yang

ditetapkan yaitu dibawah 0.5 mg/l dengan kandungan tertinggi terjadi pada tahun 2016 sebesar 0.1 mg/l. Kandungan tertinggi Cl_2 disebabkan karena adanya penambahan limbah dari pihak ke tiga berupa HCL untuk diolah di WWTP.

Pengukuran selanjutnya yaitu kadar krom total (Cr). Senyawa kromium pada jumlah besar di air dapat menyebabkan keracunan pada organisme hidup. Daya racun yang dimiliki kromium ditentukan oleh valensi ion-ionnya. Kromium juga termasuk kedalam golongan kelompok logam yang bersifat karsinogenik (Palar 2004). Berdasarkan PerMen LH Nomor 08 Tahun 2009 baku mutu Cr yang dapat dibuang dalam badan air yaitu sebesar 0.5 mg/l. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai Cr pada *inlet* WWTP pada tahun 2014 sampai dengan 2019 tidak semua tahun memenuhi baku mutu yaitu diatas 0.5 mg/l. Kandungan Cr tertinggi pada *inlet* WWTP terjadi pada tahun 2019 pada bulan Februari dengan kadar 1.289 mg/l. Tingginya kadar Cr pada inlet disebabkan karena adanya pengelasan pipa distribusi limbah dari *groundfloor* ke WWTP. Sedangkan, pada *outlet* WWTP nilai Cr rata-rata sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan yaitu dibawah 0.5 mg/l sebesar 0.367 mg/l.

Pengukuran selanjutnya yaitu tembaga (Cu). Tingginya nilai kandungan logam berat Cu pada suatu perairan dapat merusak indera penciuman, sistem reproduksi dan pertumbuhan pada organisme akuatik yang ada di perairan tersebut (Hasler dan Schlotz 1983). Berdasarkan PerMen LH Nomor 08 Tahun 2009 baku mutu Cu yang dapat dibuang dalam badan air yaitu sebesar 1 mg/l. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai Cu pada *inlet* WWTP pada tahun 2014 sampai dengan 2019 rata-rata telah memenuhi baku

mutu yaitu dengan nilai dibawah 1 mg/l, namun pada bulan Oktober tahun 2018 kadar Cu tidak memenuhi baku mutu dengan nilai sebesar 2.025 mg/l. Tingginya kadar Cr pada *inlet* disebabkan karena adanya pengelasan pipa distribusi limbah dari *groundfloor* ke WWTP. Sedangkan, pada *outlet* WWTP nilai Cu rata-rata sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan yaitu dibawah 1 mg/l. Kadar Cu tertinggi terjadi pada bulan Oktober tahun 2018 sebesar 0.134 mg/l.

Pengukuran selanjutnya yaitu kadar Besi (Fe). Air buangan industri yang mengandung senyawa logam berat Fe tidak hanya bersifat toksik terhadap tumbuhan, tetapi juga bersifat toksik terhadap hewan dan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yang sulit terdegradasi, sehingga terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit dihilangkan (Supriyantini dan Endrawati 2015). Berdasarkan PerMen LH Nomor 08 Tahun 2009 baku mutu Fe yang dapat dibuang dalam badan air yaitu sebesar 3 mg/l. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai Fe pada *inlet* WWTP pada tahun 2015 sampai dengan 2018 rata-rata telah memenuhi baku mutu yaitu dengan nilai dibawah 3 mg/l, namun pada tahun 2014 dan 2019 kadar Fe tidak memenuhi baku dengan kadar tertinggi sebesar 20.5 mg/l. Tingginya kandungan Fe pada *inlet* disebabkan karena ada pengelasan pipa jalur distribusi limbah menuju WWTP. Sedangkan, pada *outlet* WWTP nilai Fe rata-rata sudah memenuhi baku mutu yaitu dibawah 1 mg/l. Kadar Fe tertinggi terjadi pada bulan Juni dan Juli tahun 2017 sebesar 1.738 mg/l. Tingginya kandungan Fe pada beberapa bulan disebabkan karena adanya pengelasan dan pengelupasan lapisan dalam pipa pada unit WWTP.

Pengukuran selanjutnya yaitu kadar seng (Zn). Nilai kandungan seng

(Zn) yang tinggi atau melampaui batas di air dapat menyebabkan gangguan kesehatan terhadap manusia. Selain itu, menimbulkan rasa kesat pada air (Effendi 2003). Berdasarkan PerMen LH Nomor 08 Tahun 2009 baku mutu Zn yang dapat dibuang dalam badan air yaitu sebesar 1 mg/l. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai Zn pada *inlet* WWTP pada tahun 2014 sampai dengan 2019 rata-rata telah memenuhi baku mutu yaitu dibawah 1 mg/l, namun pada bulan Februari tahun 2014 kadar Zn tidak memenuhi baku mutu dengan nilai sebesar 2.2 mg/l. Sedangkan, pada *outlet* WWTP nilai Zn rata-rata sudah memenuhi baku mutu yaitu dibawah 1 mg/l. Kadar Zn tertinggi terjadi pada bulan Juli tahun 2014 sebesar 0.6 mg/l.

Perkiraan volume lalu lintas pada jalan bebas hambatan dipengaruhi oleh proporsi kendaraan yang bergerak pada arah yang memiliki arus puncak pada jam-jam sibuk dilambangkan dengan D untuk jalan dua lajur. Sedangkan proporsi dari LHRT dilambangkan dengan faktor K. Menurut Khisty dan Lall (2006), besaran nilai D untuk perkotaan yaitu 0.52. Faktor-K yang digunakan untuk jalan perkotaan adalah 0.093 (FDT 1995). Volume jam rencana dihitung berdasarkan persamaan (8).

Pengukuran parameter terakhir yaitu kadar fosfat. Fosfat merupakan zat yang menyebabkan eutrofikasi, yang mengarah pada pengembangan tanaman air, pertumbuhan alga, dan beberapa fosfat dapat bersifat toksik, dan mengganggu keseimbangan organisme di dalam air (Muthuraman dan Sasikala 2014). Berdasarkan PerMen LH Nomor 08 Tahun 2009 baku mutu fosfat yang dapat dibuang dalam badan air yaitu sebesar 10 mg/l. Hasil uji lab menunjukkan bahwa nilai fosfat pada *inlet* WWTP pada tahun 2014 sampai dengan 2019 rata-rata telah memenuhi baku mutu yaitu dibawah 10 mg/l,

namun pada bulan Februari tahun 2017 kadar fosfat tidak memenuhi baku mutu dengan nilai sebesar 28.351 mg/ℓ. Sedangkan, pada *outlet* WWTP nilai fosfat sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan yaitu dibawah 10 mg/ℓ. Kadar fosfat tertinggi terjadi pada bulan Mei tahun 2019 sebesar 9.39 mg/ℓ.

Removal Efficiency

Persen *removal efficiency* menunjukkan besarnya suatu kandungan dapat tersisihkan. Berdasarkan hasil dari analisis data mengenai kualitas air limbah didapatkan besarnya persen *removal efficiency* yang didapat dari perbandingan pengurangan besarnya parameter yang terdapat pada *inlet* dan *outlet* dengan kadar parameter yang ada di *inlet* unit WWTP. Persen *removal*

efficiency yang dihitung meliputi persen *removal efficiency* dari parameter TSS, minyak dan lemak, Cl₂, Cr, Cu, Fe, Zn, dan fosfat.

Hasil dari perhitungan persen *removal efficiency* menunjukkan bahwa persen *removal efficiency* tertinggi untuk parameter TSS terjadi pada tahun 2018 dengan besar 21.3%. parameter minyak dan lemak nilai *removal efficiency* tertinggi terjadi pada tahun 2018 dengan nilai 2.4%. Nilai persen *removal efficiency* untuk parameter Cl₂, Cu, Fe, dan Zn tertinggi terjadi pada tahun 2018 dengan nilai tertinggi sebesar 12.5%, 7.8%, 25.7%, dan 5.7%. Sedangkan, untuk parameter Cr dan fosfat nilai persen *removal efficiency* tertinggi terjadi pada tahun 2019 dan 2017 dengan nilai 15.6 dan 46.2%.

Tabel 2 Rata-rata *removal efficiency* (%)

Tahun	Rata-rata <i>Removal efficiency</i> (%)							
	TSS	Minyak lemak	Cl ₂	Cr	Cu	Fe	Zn	Fosfat
2014	19.0%	1.4%	8.3%	6.5%	-4.2%	3.0%	-696.7%	-470.9%
2015	13.4%	0.0%	0.0%	3.1%	-8.3%	2.1%	-99.5%	-229.5%
2016	19.5%	-88.0%	8.3%	-31.1%	0.0%	-169.2%	4.8%	9.0%
2017	19.3%	-61.4%	8.3%	-21.9%	1.4%	-18.9%	-4.0%	46.2%
2018	21.3%	2.4%	12.5%	12.0%	7.8%	25.7%	5.7%	-117.0%
2019	12.4%	0.0%	6.3%	15.6%	1.8%	24.7%	2.2%	18.1%

Pengolahan air limbah pada WWTP untuk beberapa parameter tidak efisien. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai *removal efficiency* < 0% yang terjadi pada beberapa parameter. Salah satunya yaitu terjadi pada pengolahan minyak dan lemak, Cr, dan Fe dimana efisiensinya mengalami penurunan pada tahun 2016-2017 yang berturut-turut sebesar -88.0% dan -61.4%, -31.1% dan -21.9%, serta -169.2% dan -18.9%. Selain itu WWTP juga tidak efisien dalam mengolah Cu, Zn dan Fosfat pada tahun 2014 dan 2015 dengan nilai berturut-turut sebesar -4.2% dan -8.3%, -

696.7% dan -99.5%, serta -470.9% dan -229.5%. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan bahan pencemar bertambah setelah dilakukannya pengolahan. Salah satu penyebab tidak efisiennya WWTP dalam pengolahan limbah yaitu adanya *load capacity* pada WWTP, kerusakan sarana seperti kebocoran pipa di WWTP, pengurangan pipa dalam pengolahan, dan kerusakan pompa.

Setelah diketahui nilai *removal efficiency* setiap parameter pertahunnya, dilanjutkan dengan analisis data anova *single factor* untuk menentukan tingkat pengaruh *removal efficiency* setiap

tahunnya. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengidentifikasi variable bebas yang penting dan bagaimana variable tersebut mempengaruhi (Fajrin *et al.* 2011). Kriteria perbedaan nyata atau perbedaan signifikan yang digunakan

untuk analisis *removal efficiency* yaitu pada tingkat kepercayaan 95% ($p < 0.05$). Perbedaan nyata terjadi ketika nilai *p-value* < 0.05 , dan ketika *p-value* > 0.05 maka perbedaan antar varian tidak signifikan.

Tabel 3 Hasil perhitungan anova *removal efficiency* parameter pencemar

No	Parameter	Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit	Keterangan
1	TSS	Between Groups	0.08	5	0.02	0.13	0.98	2.35	tidak signifikan
		Within Groups	8.10	66	0.12				
		Total	8.18	71					
2	Minyak Lemak	Between Groups	9.59	5	1.92	2.84	0.02	2.35	signifikan
		Within Groups	44.50	66	0.67				
		Total	54.09	71					
3	Klorin Bebas (C12)	Between Groups	0.10	5	0.02	0.23	0.95	2.35	tidak signifikan
		Within Groups	5.83	66	0.09				
		Total	5.93	71					
4	Krom Total (Cr)	Between Groups	2.22	5	0.44	1.70	0.15	2.35	tidak signifikan
		Within Groups	17.17	66	0.26				
		Total	19.39	71					
5	Tembaga (Cu)	Between Groups	0.18	5	0.04	1.20	0.32	2.35	tidak signifikan
		Within Groups	2.01	66	0.03				
		Total	2.19	71					
6	Besi (Fe)	Between Groups	32.83	5	6.57	1.66	0.16	2.35	tidak signifikan
		Within Groups	261.11	66	3.96				
		Total	2.19	71					
7	Seng (Zn)	Between Groups	470.45	5	94.09	1.56	0.18	2.35	tidak signifikan
		Within Groups	3985.84	66	60.39				
		Total	4456.29	71					
8	Fosfat	Between Groups	238.00	5	47.60	1.41	0.23	2.35	tidak signifikan
		Within Groups	2227.06	66	33.74				
		Total	2465.06	71					

Berdasarkan hasil perhitungan anova bahwa untuk parameter TSS, klorin bebas, krom total, tembaga, besi, seng dan fosfat, perbedaan *removal efficiency* pertahunnya tidak signifikan. Hal tersebut ditunjukkan dengan hasil nilai perhitungan *p-value* yaitu > 0.05 dengan nilai *p-value* berturut-turut 0.95, 0.15, 0.32, 0.16, 0.18, dan 0.23. Untuk parameter minyak dan lemak *removal efficiency* setiap tahunnya memiliki perbedaan yang signifikan, dengan hasil *p-value* sebesar 0.02 atau < 0.05 . Oleh karena itu, untuk parameter minyak dan lemak dilanjutkan dengan uji LSD untuk

menentukan letak perbedaan yang signifikan antar tahun.

Uji *least significant difference* (LSD) merupakan Teknik perbandingan berpasangan yang dikembangkan oleh Fisher tahun 1935. Uji LSD ini berfungsi untuk menghitung perbedaan terkecil yang signifikan antara dua rata-rata dan untuk menyatakan secara signifikan perbedaan apapun yang lebih besar dari LSD (William dan Abdi 2010). Berdasarkan uji LSD untuk parameter minyak dan lemak didapatkan hasil nilai LSD (0.05) sebesar 0.67. Kemudian dilanjutkan dengan analisis besar beda rata-rata terhadap nilai LSD (0.05).

Tabel 4 Hasil perhitungan analisis LSD parameter minyak dan lemak

Tahun	rata-rata	Tahun	rata-rata	besar beda	LSD (0.05)	Keterangan
2014	0.01	2015	0.00	0.01	0.67	tidak signifikan
2015	0.00	2016	-0.88	0.88	0.67	signifikan
2016	-0.88	2017	-0.61	0.27	0.67	tidak signifikan
2017	-0.61	2018	0.02	0.64	0.67	tidak signifikan
2018	0.02	2019	0.00	0.02	0.67	tidak signifikan

Berdasarkan hasil analisis data terhadap nilai LSD untuk parameter minyak dan lemak didapatkan tingkat perbedaan *removal efficiency* setiap tahunnya. Hal ini ditunjukkan oleh hasil absolut dari perbedaan rata-rata antar tahun yang lebih besar dari nilai hitung LSD yaitu >0.67 . Namun, pada tahun 2015-2016 perbedaan *removal efficiency* untuk parameter minyak dan lemak antar tahun berbeda secara signifikan, hal ini ditunjukkan dengan nilai absolut perbedaan rata-rata *removal efficiency* yang melebihi nilai LSD (>0.67) yaitu sebesar 0.88. Perbedaan *removal efficiency* yang signifikan pada tahun 2015-2016 disebabkan karena adanya *load capacity* pada WWTP, sehingga menurunkan kinerja WWTP dan meningkatkan parameter minyak lemak.

Selain beberapa kerusakan yang terjadi, efisiensi pengolahan pada WWTP PT. Indonesia power UPJP Priok dapat disebabkan karena jadwal pemeliharaan yang tidak tepat. Operasional dan pemeliharaan yang kurang baik menjadi penyebab timbulnya permasalahan di WWTP, dan dapat menurunkan efisiensi unit WWTP (Hidayat 2016). Berdasarkan data *removal efficiency* yang didapatkan terdapat beberapa parameter yang menunjukkan penurunan setelah 2 tahun unit WWTP efisien dalam melakukan pengolahan. Hal ini menunjukkan bahwa bahwa *overhaul* atau pemeliharaan berkala unit harus dilakukan setiap 2 tahun sekali untuk

menekan penurunan efisiensi WWTP dalam menurunkan kadar pencemar.

KESIMPULAN

Kualitas air limbah pada WWTP PT. Indonesia Power UPJP Priok belum memenuhi standar baku buku untuk parameter pH pada inletnya. Setelah dilakukan pengolahan semua parameter telah memenuhi baku mutu berdasarkan PerMen LH Nomor 08 Tahun 2009. Nilai *removal efficiency* WWTP dari tahun ketahun untuk parameter TSS, Cl_2 , Cr, Cu, Fe, Zn, dan fosfat tidak berbeda secara signifikan. Namun untuk parameter minyak dan lemak terjadi perbedaan yang signifikan dari tahun 2015-2016. Oleh sebab itu perlu dilakukan pemeliharaan berkala setiap 2 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Agyemang EO, Awuah E, Darkwah L, Arthur R, Osei G. 2013. Water quality of a wastewater treatment plant in a Ghanaian Beverage Industry. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*. 5 (5): 272-279.
- Alade AO, Jameel AT, Muyubi SA, Karim MIA, Alam AM. 2011. Removal of oil and grease as emerging pollutants of concern (EPC) in wastewater stream. *IIUM Engineering Journal*. 12 (4): 161-169.

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2017. Listrik yang di Distribusikan Kepada Pelanggan Menurut Kelompok Pelanggan (GWh), 1995-2017 [diunduh 26 April 2019] Tersedia pada : [https://www.bps.go.id/dynamic table/2016/01/05/1109/listrik-yang-didistribusikan-kepada-pelanggan-menurut-kelompok-pelanggan-gwh-1995-2017.html](https://www.bps.go.id/dynamic/table/2016/01/05/1109/listrik-yang-didistribusikan-kepada-pelanggan-menurut-kelompok-pelanggan-gwh-1995-2017.html).
- Effendi H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta (ID): Kanisius.
- Fajrin J, Zhuge Y, Bullen F, Wang H. 2011. Flexural strength of sandwich panel with lignocellulose composite intermediate layer-a statistic approach. *International Journal of Protective Structures*. 2 (1): 452-464.
- Hasler AD, Scholz AT. 1983. *Olfactory Imprinting and Homing in Salmon*. Berlin (DE): Springer-Verlag.
- [Kemen LH] Kementerian Lingkungan Hidup. 2009. Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pembangkit Listrik tenaga Termal. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 08 Tahun 2009. Jakarta (ID): Kementerian Lingkungan Hidup.
- Muthuraman G, Sasikala S. 2014. Removal of turbidity from drinking water using natural coagulants. *International Journal Industry and Engineering Chemical*. 20 (1): 1727-1731.
- Palar H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta (ID): Rineke Cipta.
- [PRI] Pemerintah Republik Indonesia. 2009. Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009. Jakarta (ID): Sekretariat Negara.
- Sari AP, Yuniarto A. 2016. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) industri agar-agar. *Jurnal Teknik ITS*. 5 (2): 92-97.
- Soemirat. 2004. *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University.
- Supriyantini E, Endrawati H. 2015. Kandungan logam berat besi (Fe) pada air, sedimen, dan kerrang hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*. 18 (1): 38-45.
- Sutrisno TC. 1991. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta (ID): PT. Rineka Cipta.
- Widayatno T, Sriyani. 2008. Pengolahan limbah cair industri tapioka dengan menggunakan metode elektro flokulasi. Prosiding Seminar Nasional Teknik dalam Bidang Teknik Kimia dan Tekstil. Yogyakarta (ID): UII.
- Williams LJ, Abdi H. 2010. *Fisher's Least Significant Difference (LSD) Test*. Dallas (US): The University of Texas at Dallas.
- Wulandari PR. 2014. Perencanaan pengolahan air limbah sistem terpusat (studi kasus di Perumahan PT. Pertamina Unit Pelayanan III Plaju – Sumatera. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. 2(3): 499-509.